

在役压力容器声发射检测评定方法

1 主题内容与适用范围

本标准规定了在役压力容器检修加载试验过程中的声发射检测方法及其结果评定方法。

本标准适用于材料屈服强度小于等于 800MPa 的钢制压力容器。对压力管道也可参照使用。

2 目的及原理提要

2.1 目的

在役压力容器声发射检测评定的主要目的是确定有效声源位置及其严重性级别,对严重声源采用常规无损检测方法进行复检。

2.2 原理提要

声发射是指材料内部产生塑性变形或裂纹形成和扩展时,瞬态释放应变能而产生弹性波的现象。在役容器的声发射检测在加载过程中进行,加载程序一般包括升压、保压过程。在被检容器表面布置声发射传感器,接收来自活动缺陷的声波并转换成电信号,再经检测系统鉴别、处理,然后显示、记录和分析声源的位置及声发射特性参数。

根据声源的分类原则确定其严重性级别,剔除非缺陷产生的噪声信号,对严重性声源应采用常规无损检测方法复查,并按有关法规处理。

3 检测人员

3.1 声发射检测应由掌握声发射基础知识并具有现场检测经验的人员进行。其中,检测负责人必须具有相当于工程师或更高的技术职称。

3.2 常规无损检测复检人员必须持有锅炉压力容器相应的 B 级以上(含 B、级)资格证,并具有现场检测的经验。

4 检测设备

4.1 声发射检测系统由传感器、前置放大器、信号处理器、显示器、记录器、模拟源等组成。

4.2 模拟源应能产生可再现的弹性波,推荐采用 0.5mmHB 铅笔芯折断型模拟源,铅芯伸长量 2.5mm,与容器表面夹角 30°。

4.3 传感器的谐振频率范围为 100~400kHz。传感器—声发射系统的通道灵敏度可进行试验测试:在被试容器上固定传感器,距传感器 100mm 处折断 0.5mmHB 铅芯,响应幅度应达到 80dB,取三次以上铅芯折断信号的平均值。

传感器应通过耦合剂固定在容器壁上或通过波导杆与容器壁连接,以保证良好的声耦合。

4.4 前置放大器接传感器后的输出噪声应满足现场测试的要求。前置放大器的频带应与传感器工作频率一致。

前置放大器与传感器之间的信号电缆不得大于 2m。

4.5 信号处理器应具有定位功能,并能实时和事后分析声发射参数。至少能记录以下声发射参数:

a. 声源位置; b. 事件计数; c. 幅度、能量和振铃计数。

4.6 信号处理器在 $5\sim 38^{\circ}\text{C}$ 温度范围内,其增益变化不超过 $\pm 2\text{dB}$; 阈值精度为 $\pm 1\text{dB}$; 振铃计数的测量精度为 $\pm 5\%$; 峰值幅度的测量精度为 $\pm 2\text{dB}$; 动态范围至少达到 60dB 。

5 检测准备

5.1 资料准备

用户应向检测人员提供下列资料:

5.1.1 材料牌号、力学性能、化学成分、焊接工艺和热处理条件。

5.1.2 设计压力、工作压力、验收试验压力、受压历史以及压力波动情况、工作温度、温度波动和充装介质。

5.1.3 容器总装图,并注明容器焊缝和接管位置,以及表明该容器在工艺系统中的位置和操作条件的系统图。

5.1.4 出厂日期、投产日期、检修历史。

5.1.5 出厂和过去检修时的无损检测报告。

5.2 技术准备

5.2.1 根据容器资料,确定传感器的布置方案。

5.2.2 分析容器总装图与具体试验加载条件,预计可能出现的噪声源并设法予以排除。

5.2.3 确定最高加载压力和保压台阶

最高加载压力不得低于最高工作压力的 1.25 倍。保压至少应在 80% 最高工作压力、最高工作压力、最高加载压力三个台阶进行,保压时间一般不少于 5min,最高加载压力的保压时间不少于 15 min。

采用液压方式加载。若必须采用气压加载时,其加载压力及程序应符合有关技术规范的规定。

5.2.4 确定加载过程中连续记录压力的方法。

5.2.5 确定声发射检测人员与加载人员之间的联络方法。

5.2.6 按选定的阵列布置、固定传感器,采用适宜的耦合剂(如工业凡士林油、黄油等)和传感器固定装置,保证检测过程中良好的声耦合。最大传感器间距见 6.3 条规定。

5.2.7 在正式加载试验之前应预加载一定压力(不超过最高加载压力的 10%),以检查接管、人孔、柱脚和支撑件等处的噪声情况。当出现高于阈值的噪声源时,应设法排除。对于无法剔除的噪声源,应记录其显示位置,并在检测结果评定时将其去除。

6 校准

6.1 在距每个传感器 100mm 处给以模拟源信号,各通道对模拟源的幅度响应偏差不超过 $\pm 3\text{dB}$ 。

6.2 测定模拟源信号在容器壁上的衰减值,即幅值响应随距离的衰减曲线。测试应在容器装有试验液体的情况下进行。

6.3 根据

6.2 条所测衰减值,检测阈值和规定的可检测幅度值,确定最大传感器间距。见附录 A(参考件)。

6.4 声源定位精度

声源定位可采用时差定位和区域定位方式。采用时差定位时,应在各阵列中选择典型测试点输入模拟源信号,定位精度为传感器最大间距的 5%。

7 检测程序

7.1 一般应在加压前 30s 开始检测并记录升压、保压过程中的击发引数据。

7.2 检测过程中应注意观察声源位置及其声发射参数随压力的变化。如果声发射活动度、强度等明显增加,可要求临时保压,当保压声发射信号不收敛时,应立即降压或卸压检查。

7.3 检测过程中如出现强噪声干扰,应设法排除或确认噪声源后再进行检测。

7.4 试验结束后,按第 6 章要求进行仪器复校,记录灵敏度和源定位精度的变化。

7.5 若检验者认为有必要,经用户认可,可以进行二次加压,第二次加载压力可以稍大于第一次加载压力。

8 检测记录

记录所有校准数据和仪器测定的声发射信号参数,记录内容至少应包括:

a. 传感器的技术条件(型号、灵敏度、频率范围、固定方法、耦合剂); b. 传感器布置阵列和位置草图; c. 声发射仪器型号和特性; d. 每次校准的时间、步骤和结果; e. 加载程序; f. 以图表等形式对所测声发射信号作出随压力和时间变化的永久性记录。

9 检测结果评定

9.1 用图表列出检测结果,这些图表应能表示每个声发源的位置和等级。

9.2 有效声源

作为一个有效声源一般不少于 5 个事件,验证声源位置时应参考声源的定位精度。越过规定值的高幅度和高振铃计数的孤立事件,应作为有效声源处理。参见附录 A。

9.3 有效声源分类

根据有效声源的活动度、强度、保压信号分类。

9.3.1 有效声源的活动度是指声源区事件计数或振铃计数在加载过程中的变化率。

9.3.2 有效声源的强度是经过距离修正的有效声源平均幅度 P_c 与规定值 P_d 之比。参见附录 A。

9.3.3 有效声源严重性按表 1 分为三级。对于Ⅲ级声源,三种评判参数中任一参数达到标准规定值即视为达到这一等级。

表 1

级 别	保压 1min 后声发射事件计数	声源强度 P_c/P_d	活动度
I	<1	<1	—
II	$\geq 1 \sim 3$	≈ 1	恒速增加
III	>3	>1	快速增加

9.4 严重性声源的复检

9.4.1 对于Ⅱ、Ⅲ级声源应根据声源位置用其他无损检测方法复检。

9.4.2 对由于容器结构或其他原因无法复检的容器,出现Ⅱ、Ⅲ级声源应监控、降压或停止使用。

9.4.3 对复检确认的缺陷可根据有关法规处理。见附录 B(参考件)。

10 报告

10.1 报告内容至少应包括:

- 容器名称、类别、公称壁厚、主体材质;
- 设计压力、工作压力、工作温度、工作介质、出厂日期、投产日期;
- 声发射仪器型号;
- 传感器型号、频率范围、传感器—通道灵敏度、耦合剂类型;
- 传感器布置阵列和位置草图;

- f. 校准结果；
 - g. 加载程序；
 - h. 检测结果及评定结论；
 - i. 检测日期。
- 10.2 报告应由检测人员签字。

附录 A

传感器间距的确定

(参考件)

A1 区域定位的传感器间距

检验区域内任一位置发射的铅芯断裂信号至少被一个传感器接收到。

A2 时差定位的传感器间距

阵列定位最少所需的传感器应能接收到检验区域内任一位置的铅芯断裂信号。

A3 可检测幅度

传感器最大间距应参考检测门槛值、衰减值,以保证测到 70 dB 以上的声源信号。

A4 高幅度事件

高幅度事件规定值 P_d 为 80dB。

附录 B

对复检确认缺陷的处理

(参考件)

B1 对复检确认的缺陷可采用劳动部《在用压力容器检验规程》或《压力容器缺陷评定规范 CVDA—1984》评定处理。

B2 采用《压力容器缺陷评定规范 CVDA—1984》处理缺陷时,必须测定平面类缺陷(裂纹、未熔合、未焊透)的长度、埋藏深度、自身高度、然后进行缺陷评定。评定通过的缺陷可不经返修,容器直接投用,不允许的缺陷必须返修。